

S6-2-2 選択肢集合内の重複経路が鉄道経路選択モデルに及ぼす影響に関する一考察

[土] ○ 尾 島 洋 (東京理科大学)

[土] 山 下 良 久 (東京理科大学)

[土] 日比野 直 彦 (運輸政策研究所)

[土] 水 谷 洋 輔 (東京理科大学)

A Study on the Effect of Choice Sets on Railway Passengers' Route Choice Behavior Model

Hiroshi Ojima, Member (Tokyo University of Science)

Yoshihisa Yamashita, Member (Tokyo University of Science)

Naohiko Hibino, Member (Institution for Transportation Policy Studies)

Yosuke Mizutani, Member (Tokyo University of Science)

Railway passengers in the Tokyo Metropolitan Area (TMA) have had several alternative railway routes from their origins to destinations, since the TMA boasts one of the most extensive urban railway networks in the world. Yet, improvement of various kinds of service facilities has been constantly called for to enhance the level of services for railway passengers. In this case, the route choice behavior of the passengers should be carefully analyzed with suitable choice sets, however, lack a standard procedure. The study tries to answer the question of how to find procedures of creating the set and how to calibrate the generated set. For this purpose, a special survey of offices in the CBD, where the passengers commute from a wider TMA area, is undertaken. The study analyzes the effect that the difference from the real choice set and the imitative choice set causes.

キーワード：鉄道経路選択行動，選択肢集合

Keyword: railway route choice behavior, choice set

1. はじめに

東京圏の都市鉄道ネットワークは、人口、都市機能の集中に伴う通勤・通学時の混雑、長時間化等の問題を解決すべく、新規路線の整備や輸送力増強等を積極的に実施し、世界でも類を見ない高密度なネットワークへと発展してきた¹⁾。そのため、同一の発着地間において複数の経路が存在し、その経路間には重複区間が存在する場合が数多く見られる。また、現在では路線間の相互直通運転化が積極的に実施されており、さらに、今後の鉄道整備においては、乗換え駅整備や短絡線整備等、既存ストックを有効に活用する整備が求められている。そのため、これまでは考慮されなかった経路が選択の対象となるような状況が生じるものと考えられ、鉄道利用者の経路選択行動はこれまで以上に複雑化、多様化するものと予想される。

意思決定者の選択プロセスを、選択肢を絞る「選別過程」と、選別過程を経て生成された選択肢集合から最も望ましい選択肢を選ぶ「選択過程」の2段階に分けると、これま

での鉄道経路選択行動に関する研究は、選択過程に重点が置かれてきたと言える。選択肢間の類似性を考慮する非IIA型経路選択モデルが提案され^{2),3),4)}、2000年の運輸政策審議会答申第18号において適用されるに至っている。一方、選別過程は、通常分析者が知り得る情報が実選択経路のみであることから、実選択経路の発着地を参考に、他の利用可能な経路を探索し、機械的に選別する方法を採用することが多い。屋井ら⁵⁾による経路数や経路の所要時間、経路長、経路間の重複率により選別された選択肢集合が、経路選択モデルのパラメータにどのような影響を与えるかを分析した研究例はあるものの、鉄道利用者の実選択肢集合そのものについての議論や、分析者により生成される選択肢集合と実選択肢集合との乖離がどのような影響を及ぼすのか等の議論についてはほとんどされないままである。大都市交通センサス等の既往調査データより実選択経路のみが取得されることを前提として考えると、実選択肢集合に近似した選択肢集合の生成方法は先述のIIA特性問題と同様に非常に重要な問題である。

このような問題意識から、筆者らは平成12年11月～12月に「通勤時の鉄道経路選択に関する調査」⁶⁾を行ない、通勤鉄道利用者の実選択経路と代替経路を取得し、それらの比較分析⁷⁾を行なっている。本研究は、実選択肢集合からの乖離が経路選択モデルのパラメータにどのような影響を及ぼすのかについて分析を行ない、実選択経路しか取得されない状況下で近似選択肢集合を生成する際の知見を得ることを目的とする。

2. 通勤時の鉄道経路選択に関する調査

2.1 調査結果の概要

本調査では、通勤鉄道利用者の実選択経路および代替経路を取得している。調査方法等については参考文献6)を参照されたい。

調査結果の概要を表1に示す。記入漏れ等を除き、有効サンプル数は199サンプルである。199サンプルの内訳は、実選択経路内の経路数が1経路（経路キャプティブ）のサンプルが59、代替経路を有するサンプルが140である。なお、ここでの所要時間とは、「乗車時間+乗換え時間+待ち時間」である。

表1 調査結果の概要

有効サンプル数			199
選択肢集合内	経路数	最大	6
		最小	1
		平均	2.3
		標準偏差	1.1
	所要時間 (分)	最大	120
		最小	2
		平均	44.0
		標準偏差	18.0
	乗車時間 (分)	最大	113
		最小	2
		平均	36.4
		標準偏差	16.9
	乗換え回数 (回)	最大	4
		最小	0
		平均	1.5
		標準偏差	0.9
	定期運賃 (円/1ヶ月)	最大	52,920
		最小	3,780
		平均	15,790
		標準偏差	6,858

2.2 実選択経路との重複率

図1は、代替経路を有する140サンプルについて実選択経路と代替経路の重複率を求め、その累積度数分布を示したものである。なお、重複率の計算式については参考文献4)を参照されたい。この図より実選択経路と非常に類似した経路は実選択肢集合に含まれていないことが見て取れる。

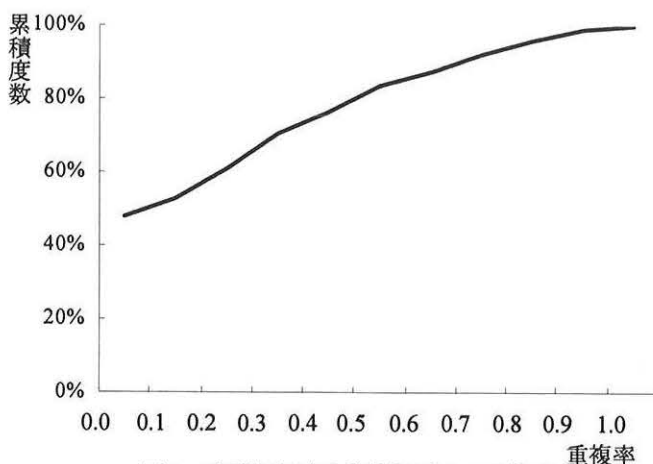


図1 実選択経路と代替経路との重複率

2.3 代替経路間の重複率

図2は、実選択経路を除く代替経路間の重複率を求め、その累積度数分布を示したものである。なお、代替経路数が1経路のサンプルは除いて算出している。この図より非常に類似した代替経路は実選択肢集合に含まれていないことが見て取れる。

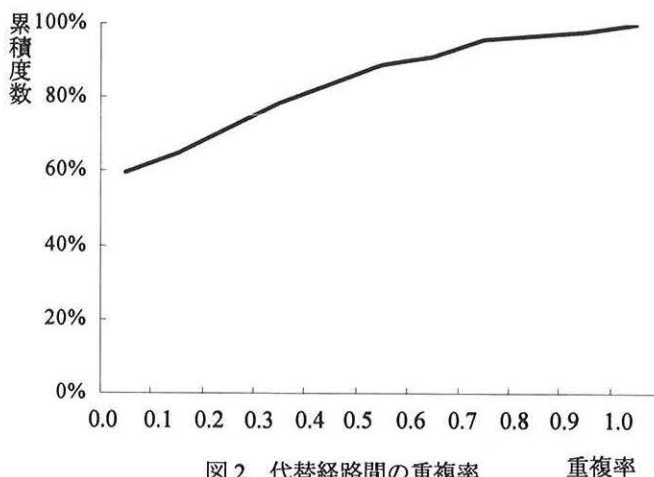


図2 代替経路間の重複率

3. 分析方法

実選択経路しか把握できない状況下では、実選択経路をもとに物理的に利用可能な経路を多く取得し、その中から鉄道利用者が代替経路として認知する可能性の高い経路を選別するという方法が現実的である。その際、選別によって生成される選択肢集合に実選択経路と類似した経路が含まれていたり、類似した代替経路が含まれていたりすると経路選択モデルのパラメータに歪みが出てしまう可能性がある。そのため、以下に示す2つの方法により選択肢集合を生成し、それらに基づく経路選択モデルを構築し、パラメータの感度について分析を行なう。なお、経路選択モデルとしては、筆者らにより提案された非IIA型のC*-Logitモデルを採用する⁴⁾。式は(1)～(5)のとおりである。

<生成方法 A>

実選択経路との重複率が 100%未満の経路の中で最も重複率が大きくかつ実選択肢集合に含まれていない経路を 1 経路追加し選択肢集合を生成する (Case A1). 90%未満 (Case A2), 80%未満 (Case A3), 70%未満 (Case A4), 60%未満 (Case A5), 50%未満 (Case A6) についても同様の方法で選択肢集合を生成する. なお, 追加する経路は, 各サンプルが回答している乗車駅, 乗車時刻, 最終降車駅の情報を用いて, 市販の経路探索ソフトにより取得する.

<生成方法 B>

実選択肢集合内の代替経路 (実選択経路除く) との重複率が 100%未満の経路の中で最も重複率が大きくかつ実選択肢集合に含まれていない経路を 1 経路追加し選択肢集合を生成する (Case B1). 90%未満 (Case B2), 80%未満 (Case B3), 70%未満 (Case B4), 60%未満 (Case B5), 50%未満 (Case B6) についても同様の方法で選択肢集合を生成する.

$$U_i = V_i - CF_i^* + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$P_i = \frac{\exp(V_i - CF_i^*)}{\sum_j \exp(V_j - CF_j^*)} \quad (2)$$

$$CF_i^* = \beta^* \ln \sum (1 + d_{ij})^{\gamma'} \quad (0 \leq \beta^* \leq 1, \gamma' > 0) \quad (3)$$

$$\gamma'_{ij} = \frac{1}{10} (\exp(d_{ij}) - 1) (\beta^* - 1) \left(\sqrt{\frac{T_i T_j}{T_0}} - T_0 \right) + \gamma' \quad (4)$$

$$\gamma' = \exp(-\exp(\theta)) + 1 \quad (5)$$

U_i : 選択肢 i の効用

V_i : 選択肢 i の効用の確定項

ε_i : 選択肢 i の効用の誤差項

CF_i^* : 選択肢間の類似性を表現するパラメータ

d_{ij} : 選択肢 i と選択肢 j の重複率

T_i : 選択肢 i の所要時間

T_j : 選択肢 j の所要時間

T_0 : 推定に用いるサンプル全体の平均所要時間

β^*, θ : 未知パラメータ

4. 鉄道経路選択モデルの構築

経路選択モデルの構築には, 経路キャプティブなサンプルを除いた 140 サンプルを用いる. 実選択肢集合に加え (Case 0), 3 章の生成方法による計 13 種類の選択肢集合についてパラメータ推定を行なう. はじめに Case 0 についてパラメータ推定を行ない, 説明変数として有意となった変数を他のケースにも採用する.

生成方法 A でのパラメータ推定結果を表 2 に示す. 重複率が高いケースでは確定効用の差がつきづらいことから, 重複経路の効用を低下させる役目を持った β^* が非常に不安定になり, 統計的にも有意な変数とならないことが見て

取れる. また, 徐々に重複率を低下させていくと, 確定効用に差がつくようになり β^* が安定してくることが見て取れる.

生成方法 B でのパラメータ推定結果を表 3 に示す. 代替経路との重複率が高いほど β^* が大きくなっている. これは, 実選択経路と代替経路の効用に差をつけるためと考えられる. また, 重複率が低下するにつれて β^* が不安定になることが見て取れる. これは, 代替経路との重複率が低い経路は実選択経路との重複率が高い可能性があることを示唆している.

以上の分析結果より, 非 IIA 型経路選択モデルを用いる場合, 重複パラメータは選択肢集合内にどの程度重複経路が含まれるかによって大きく影響されることを確認した. また, 現実的でない選択肢集合を設定した場合には, 重複パラメータが不安定になり有意な経路選択モデルが構築できない可能性があることを確認している.

5. おわりに

本研究において, 非 IIA 型の経路選択モデルを用いた場合であっても, 選択肢集合に極端に類似した経路を含め, 非現実的な設定にすると, 重複パラメータが不安定になることを確認した. これまで, 経路間の類似性を緩和するために非 IIA 型経路選択モデルの構築に力が注がれてきたが, 経路間の類似性は, 適用する経路選択モデルに加え, 選択肢集合の設定方法が重要であることを実証的に確認した. 経路選択モデルのみで解消できる問題ではなく, 選択肢集合の設定方法とセットで考える必要があることを, 本研究では明らかにしている.

なお, 本研究は, 1 経路を追加した場合の分析から得られた知見であるため, 今後複数の経路が含まれる場合にもどのような影響があるのかについて分析をすすめる必要がある.

参考文献

- 1) 森地 茂: 東京圏の鉄道のあゆみと未来, 2000.
- 2) 屋井鉄雄, 岩倉成志, 伊東 誠: 鉄道ネットワークの需要と余剰の推計法について, 土木計画学研究・論文集 No.11, pp.81-pp.88, 1993.
- 3) 屋井鉄雄, 中川隆広, 石塚順一: シミュレーション法による構造化プロビットモデルの推定特性, 土木学会論文集 No.604/IV-41, pp.11-pp.21, 1998.
- 4) 日比野直彦, 兵藤哲朗, 内山久雄: 高密度な鉄道ネットワークへの実適用に向けた非 IIA 型経路選択モデルの特性分析—改良型 C-Logit モデルの提案—, 土木学会論文集 No.765/IV-64, pp.131-pp.142, 2004.
- 5) 屋井鉄雄, 清水哲夫, 坂井康一, 小林亜紀子: 非 IIA 型選択モデルの選択肢集合とパラメータ特性, 土木学会論文集 No.702/IV-55, pp.3-pp.13, 2002.

6) 若林哲男, 日比野直彦, 内山久雄: 鉄道利用者行動分析のための調査方法について, J-Rail2001 講演論文集, pp.329-pp.332, 2001.

7) 尾島 洋, 日比野直彦, 内山久雄, 森田泰智: 鉄道経路選択行動分析における選択肢集合の設定方法に関する一考察, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2pages, 2004.

表 2 生成方法 A によるパラメータ推定結果

Model	Case 0	Case A1	Case A2	Case A3	Case A4	Case A5	Case A6
乗車時間	-0.0782 (-2.707)	-0.0789 (-2.828)	-0.0823 (-3.082)	-0.0772 (-2.772)	-0.0783 (-2.772)	-0.0865 (-3.054)	-0.0882 (-3.079)
定期運賃	-0.1033 (-1.813)	-0.1306 (-2.297)	-0.1334 (-2.351)	-0.1230 (-2.251)	-0.1341 (-2.271)	-0.1200 (-2.218)	-0.1274 (-2.418)
初乗り駅間 1 時間 列車本数	0.0578 (1.344)	0.0435 (1.011)	0.0492 (1.152)	0.0598 (1.362)	0.0532 (1.174)	0.0660 (1.489)	0.0627 (1.355)
乗換え待ち時間	-0.0934 (-1.608)	0.0085 (0.174)	0.0022 (0.041)	-0.0125 (-0.224)	0.0050 (0.094)	-0.0357 (-0.670)	-0.0336 (-0.633)
乗換え駅水平移動時間	-0.4679 (-2.743)	-0.3881 (-2.363)	-0.3384 (-2.257)	-0.4225 (-2.897)	-0.4096 (-2.572)	-0.4353 (-2.945)	-0.4257 (-2.615)
乗換え駅上り方向 移動時間	-0.9235 (-2.227)	-1.1008 (-2.651)	-1.1741 (-2.869)	-1.0387 (-2.635)	-1.0904 (-2.733)	-1.0442 (-3.467)	-1.0877 (-2.743)
乗換え駅下り方向 移動時間	-0.5264 (-1.317)	-0.4972 (-1.206)	-0.5750 (-1.424)	-0.5919 (-1.478)	-0.6192 (-1.578)	-0.4287 (-1.801)	-0.4598 (-1.151)
β^*	0.2616 (3.058)	0.0334 (0.395)	0.0513 (0.605)	0.0673 (0.761)	0.0721 (0.736)	0.6053 (7.161)	0.6610 (7.818)
θ	3.706 (43.80)	3.706 (43.85)	3.706 (43.85)	3.706 (43.81)	3.7059 (43.83)	3.706 (43.68)	3.707 (43.00)
$\bar{\rho}^2$	0.2343	0.3528	0.3511	0.3690	0.3671	0.3709	0.3686
適中率 (%)	69.29	65.71	67.14	67.14	67.14	67.86	67.14

表 3 生成方法 B によるパラメータ推定結果

Model	Case B1	Case B2	Case B3	Case B4	Case B5	Case B6
乗車時間	-0.0846 (-2.927)	-0.0878 (-3.035)	-0.0883 (-3.283)	-0.0874 (-3.221)	-0.0873 (-3.312)	-0.0894 (-3.265)
定期運賃	-0.1306 (-2.415)	-0.1238 (-2.342)	-0.1261 (-2.308)	-0.1283 (-2.397)	-0.1384 (-2.504)	-0.1456 (-2.587)
初乗り駅間 1 時間 列車本数	0.0580 (1.256)	0.0590 (1.294)	0.0575 (1.350)	0.0638 (1.409)	0.0675 (1.555)	0.0661 (1.502)
乗換え待ち時間	-0.0419 (-0.783)	-0.0408 (-0.788)	-0.0392 (-0.712)	-0.0237 (-0.477)	-0.0149 (-0.283)	-0.0168 (-0.323)
乗換え駅水平移動時間	-0.4438 (-2.711)	-0.4481 (-2.750)	-0.4686 (-2.905)	-0.3717 (-2.297)	-0.3658 (-2.256)	-0.3969 (-2.375)
乗換え駅上り方向 移動時間	-1.0009 (-2.487)	-0.9679 (-2.550)	-0.9409 (-2.278)	-1.1570 (-2.868)	-1.1477 (-2.768)	-1.0887 (-2.661)
乗換え駅下り方向 移動時間	-0.3642 (-0.936)	-0.4405 (-1.097)	-0.3901 (-0.995)	-0.4749 (-1.154)	-0.5905 (-1.448)	-0.5174 (-1.195)
β^*	0.7420 (8.775)	0.7210 (8.526)	0.6738 (7.969)	0.1052 (1.210)	0.0807 (0.954)	0.0724 (0.852)
θ	3.707 (43.30)	3.707 (43.09)	3.707 (43.73)	3.706 (43.84)	3.706 (43.85)	3.706 (43.83)
$\bar{\rho}^2$	0.3627	0.3618	0.3617	0.3561	0.3592	0.3678
適中率 (%)	66.43	67.14	67.86	66.43	67.14	67.14